



# InCarbon

Carbonatação Mineral *In Situ*

## NOTA TÉCNICA



Rede de filões nos gabros do Maciço de Sines (foto de Luís Lopes)

Data: Junho de 2019

ID do Projeto: PTDC/CTA-GEO/31853/2017

Nota Técnica

# **Critérios usados na seleção de rochas máficas e ultramáficas destinadas a carbonatação mineral**

---

**Autor/Author:** Alexandre Araújo

**Data/Date:** Junho de 2019

**Versão/Filename and version:**

**ID do projeto/Project ID NUMBER:** PTDC/CTA-GEO/31853/2017

## Índice

1. Critério 1.....	4
1.1. Natureza Litológica.....	4
2. Critério 2.....	5
2.1. Área .....	5
3. Critério 3.....	5
3.1. Volume Espectável .....	5
4. Critério 4.....	5
4.1. Existência de uma Camada Selante a Teto.....	5
5. Critério 5.....	5
5.1. Fraturação do Maciço .....	6
6. Critério 6.....	6
6.1. Distância às Fontes de Produção de CO <sub>2</sub> .....	6
7. Critério 7.....	6
7.1. Demografia.....	6
8. Critério 8.....	6
8.1. Existência de Aquíferos Produtivos.....	6
9. Critério 9.....	7
9.1. Restrições Ambientais.....	7
10. Síntese .....	7

Nota Técnica

# **Critérios usados na seleção de rochas máficas e ultramáficas destinadas a carbonatação mineral**

Junho de 2019

---

## **Objetivo**

O projecto InCarbon procura avaliar o potencial de utilização de formações geológicas específicas para o armazenamento de CO<sub>2</sub> que possa vir a ser capturado em centrais termoelétricas localizadas no Sul do País.

## **Resumo**

Na primeira actividade do projecto foram avaliadas várias unidades geológicas situadas na região Alentejo. Estas unidades foram selecionadas com base na análise da Carta Geológica de Portugal (escalas 1/50.000, 1/200.000 e 1/500.000) e em reconhecimentos de campo. Nos maciços mais promissores o trabalho de campo incluiu uma avaliação prévia da fraturação e a recolha de amostras para a sua caracterização petrográfica e para os estudos previstos nas etapas seguintes do projecto (caracterização laboratorial). No presente relatório apresentam-se 9 critérios que foram usados para a seleção e hierarquização dos maciços rochosos a abordar nas próximas etapas do projecto. A maioria dos critérios são de natureza geológica mas teve-se também em conta critérios sócio-económicos, alguns considerados bastante relevantes. A aplicação de cada critério aos maciços em estudo traduziu-se na atribuição de um valor numérico (ver quadro I) e as unidades geológicas estudadas foram avaliadas com base no somatório dos valores obtidos. Para alguns critérios, as situações desfavoráveis foram consideradas eliminatórias e, nessas situações, a quantificação tornou-se irrelevante.

## 1. Critério 1

### 1.1. Natureza Litológica

Sendo a composição química das rochas um aspecto fundamental para se atingir os objectivos do projecto, os maciços estudados foram divididos em 3 categorias a que se atribuíram os índices 1, 6 e 9. A classificação modal expedita realizada com base na percentagem relativa de minerais máficos observados em lâmina delgada, obedeceu às seguintes classes:

- 🌀 Ultramáfica: >90% de minerais máficos
- 🌀 Máfica: 90-40% de minerais máficos
- 🌀 Intermédia: 49-10% de minerais máficos

**Tabela 1** – Critérios usados para a seleção e hierarquização das unidades geológicas estudadas.

Critérios Geológicos			Índice
Critério 1	Litologia	Ultramáfica	9
		Máfica	6
		Intermédia ou máfica alterada por hidrotermalismo	1
Critério 2	Área	Superior a 20km <sup>2</sup>	3
		Entre 10 e 20km <sup>2</sup>	2
		Inferior a 10 km <sup>2</sup>	1
Critério 3	Volume espectável	Superior a 20km <sup>3</sup>	6
		Entre 10 e 20km <sup>3</sup>	3
		Inferior a 10 km <sup>3</sup>	Eliminatório
Critério 4	Existência de um selante a teto	Sim	3
		Não	0
Critério 5	Fraturação	> de 10 fraturas/m	9
		3 a 10 fraturas/m	6
		< de 3 fratura/m	1
Critérios Sócio-económicos			
Critério 6	Distância às fontes de produção de CO <sub>2</sub>	Menos de 10 km	9
		Entre 10 e 100km	6
		Mais de 100 km	1
Critério 7	Demografia	Zona Rural	3
		Zona urbana	0
Critério 8	Aquífero produtivo	Não	0
		Sim	Eliminatório
Critério 9	Restrições ambientais	Sem restrições	0
		Zona protegida	Eliminatório

## **2. Critério 2**

### **2.1. Área**

Sendo de uma forma geral bastante rara a informação sobre a geologia de sub-superfície, a área de afloramento é um indicador extremamente importante para a avaliação das dimensões das unidades em estudo. Na maioria dos casos a área em causa corresponde realmente à área de afloramento em mapa e pode ser estimada directamente mas nos casos em que a unidade em estudo está parcialmente coberta por sedimentos mais recentes, a sua determinação tornou-se um pouco mais difícil. Em situações de incerteza optou-se sempre por uma avaliação conservadora. De acordo com este critério definiram-se 3 categorias a que se atribuíram os índices 1, 2 e 3.

## **3. Critério 3**

### **3.1. Volume Espectável**

O volume das massas rochosas foi estimado tendo em conta o parâmetro anterior, a natureza de cada unidade geológica (estratiforme ou batólito) e nalguns casos tendo em conta alguma informação geofísica disponível. Tal como para o critério anterior, em situações de incerteza optou-se sempre por uma avaliação conservadora. Definiram-se 3 categorias de maciços sendo a situação mais desfavorável (volumes inferiores a 10 km<sup>3</sup>) considerada eliminatória, independentemente do maciço poder eventualmente apresentar valores excelentes nos restantes critérios.

## **4. Critério 4**

### **4.1. Existência de uma Camada Selante a Teto**

A existência de uma cobertura impermeável sobre uma unidade geológica com características favoráveis à realização de ensaios de carbonatação in-situ, representa uma situação estrutural particularmente favorável uma vez que essa cobertura funcionará como barreira à ascensão do CO<sub>2</sub>. No Alentejo os níveis inferiores dos depósitos terciários correspondem geralmente a sedimentos argilosos bastante impermeáveis. As unidades estudadas na maioria dos casos afloram sem qualquer cobertura, ou estão cobertas por formações miocénicas e mais recentes, estas predominantemente arenosas. Em situações mais favoráveis apresentam essa cobertura constituída por sedimentos argilosos de idade terciária antiga.

Para este critério foram definidas apenas duas categorias, atribuindo-se o índice 3 às unidades cobertas por esses depósitos argilosos e zero às unidades que afloram directamente, ou que estão apenas cobertas por depósitos arenosos.

## **5. Critério 5**

### **5.1. Fraturação do Maciço**

A densidade de fraturas controla a permeabilidade e a porosidade dos maciços rochosos, sendo que uma fraturação mais intensa facilita a circulação de fluidos e a carbonatação in-situ. Para cada maciço a densidade da fraturação foi avaliada com base no facto de se tratarem de corpos sin, tardi ou pós-tectónicos e/ou na observação dessa fraturação em afloramento e em pedreiras com recurso à realização de scan lines. Para este critério definiram-se 3 categorias a que se atribuíram os índices 1, 6 e 9.

## **6. Critério 6**

### **6.1. Distância às Fontes de Produção de CO<sub>2</sub>**

O transporte de CO<sub>2</sub> ao longo de grandes distâncias é um factor penalizante num projecto deste tipo. Assim, para este critério definiram-se 3 categorias em função da distância às quais se atribuíram os valores 1, 6 e 9.

## **7. Critério 7**

### **7.1. Demografia**

Embora um projeto deste tipo tenha por objectivo dar um importante contributo para a neutralidade carbónica, a criação de uma instalação piloto destinada à carbonatação in-situ dificilmente terá uma boa aceitação social em zonas urbanas. Para este critério foram definidas apenas duas categorias, atribuindo-se o índice 3 às regiões rurais e zero às zonas urbanas.

## **8. Critério 8**

### **8.1. Existência de Aquíferos Produtivos**

Sendo as águas subterrâneas um bem protegido que deve ser preservado, as unidades geológicas que correspondem a aquíferos produtivos são liminarmente excluídas com base neste critério, independentemente de poderem apresentar várias outras características favoráveis aos objectivos do projecto.

## **9. Critério 9**

### **9.1. Restrições Ambientais**

Os parques naturais e outras zonas protegidas estão interditados a este tipo de projectos. Este critério foi tomado em conta mas não se identificaram formações geológicas favoráveis a carbonatação in-situ situadas em áreas protegidas.

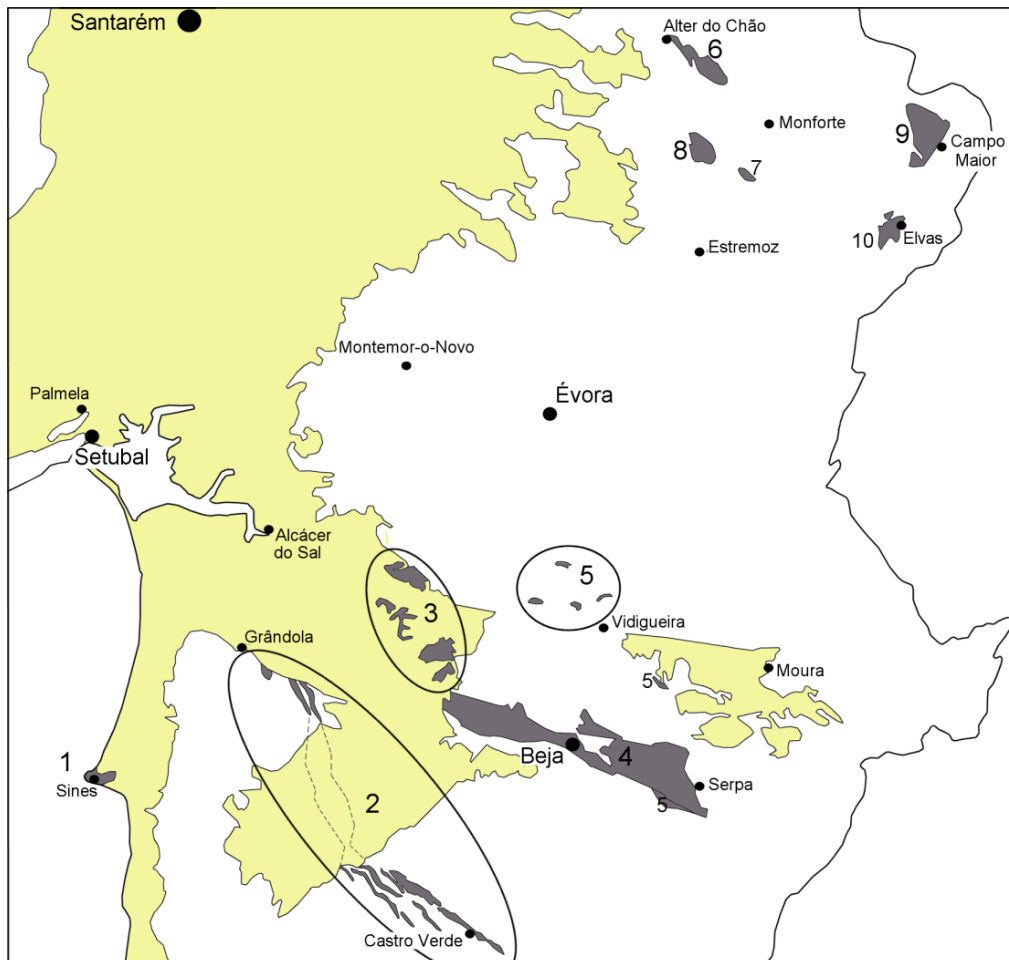
## **10. Síntese**

Sintetizando os resultados, nesta primeira actividade do projecto foram pré-selecionadas 10 unidades geológicas todas correspondentes a rochas ígneas e/ou metamórficas, cuja localização está representada na figura 1. Para cada uma destas unidades geológicas, determinaram-se os valores correspondentes aos 9 parâmetros descritos e somaram-se esses valores. No quadro II apresenta-se o resultado destes cálculos e a respectiva hierarquização das unidades, em termos das suas potencialidades para a realização de ensaios carbonatação in-situ.

Da análise da tabela 2 conclui-se que entre as unidades estudadas, duas foram eliminadas por falta de dimensão (Maciço de Veiros e sequências ofiolíticas por se apresentarem muito fragmentadas) e duas outras foram também eliminadas por corresponderem a aquíferos produtivos (Gabros de Beja e Maciço de Alter do Chão/Cabeço de Vide).

Relativamente às restantes seis unidades, é de destacar a excelente classificação atingida pelos gabros e dioritos da região de Torrão-Odivelas. O Maciço de Sines, classificado em segundo lugar, tem como grande vantagem a sua localização junto das fontes produtoras de CO<sub>2</sub> no entanto tem como desvantagem situar-se numa zona urbana. Estas duas unidades geológicas serão o alvo das próximas etapas do projecto InCarbon.





**Figura 1** – Localização das unidades estudadas: 1 – Maciço ígneo de Sines; 2 – Diabases e espilitos da Faixa Piritosa Ibérica; 3 – Gabros e dioritos da região de Torrão-Odivelas; 4 – Gabros de Beja; 5 – Sequências ofiolíticas; 6 – Maciço de Alter do Chão/Cabeço de Vide; 7 - Maciço de Veiros; 8 – Maciço de Vale de Maceiras; 9 – Maciço de Campo Maior; 10 – Maciço de Elvas.

**Tabela 2** – Classificação e hierarquização das unidades geológicas estudadas.

Unidade geológica	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Critério 6	Critério 7	Critério 8	Critério 9	Somatório
1 Maciço de Sines	6	3	6	0	6	9	0	0	0	30
2 Vulcânicas da Faixa Piritosa	1	2	3	3	9	6	3	0	0	27
3 Gabros e dioritos do Torrão-Odivelas	6	3	6	3	1	6	3	0	0	28
4 Gabros de Beja	6	3	6	0	1	1	3	Elimin.	0	---
5 Sequências ofiolíticas	9	1	Elimin.	0	9	6	3	0	0	---
6 Maciço de Alter do Chão/Cab. Vide	9	3	6	0	6	1	3	Elimin.	0	---
7 Maciço de Veiros	6	1	Elimin.	0	1	1	3	0	0	---
8 Maciço de Vale de Maceiras	6	2	3	0	1	1	3	0	0	16
9 Maciço de Campo Maior	6	3	6	0	6	1	3	0	0	25
10 Maciço de Elvas	6	2	3	0	6	1	0	0	0	18



# InCarbon

Carbonatação Mineral *In Situ*

## NOTA TÉCNICA



**Rede de filões nos gabros do Maciço de Sines (foto de Luís Lopes)**

**Data: Junho de 2019**

**ID do Projeto: PTDC/CTA-GEO/31853/2017**